

PRIMA PARTE

PIANIFICAZIONE E VALUTAZIONE: CONCETTI E METODI

CAPITOLO 1

L'EVOLUZIONE DEL RAPPORTO UOMO-AMBIENTE

1. Il dibattito sulla crescita: paradigmi contrastanti

La visione del rapporto uomo-ambiente, ed in particolare del legame esistente tra sistema economico e sistema naturale, ha da sempre costituito elemento fondante del pensiero economico: essa rappresenta il nodo centrale nel lungo e attuale dibattito circa il concetto di “crescita economica”. Ad oggi, a tale proposito, esistono due visioni assolutamente contrastanti: da un lato vi è la posizione dell'economica neo-classica, che può essere definita “espansionistica”, dall'altra vi è la nuova prospettiva dell'*Ecological Economics* (EE), che si propone come approccio inter-disciplinare per lo studio della relazione economia-ambiente.

Il “paradigma espansionistico”, legato all'economia neo-classica, concepisce l'economia come un sistema in grado di regularsi e sostenersi in modo autonomo (Fig.1a). Il cardine di tale sistema è il flusso circolare del valore: dai produttori ai consumatori sotto forma di beni e servizi in cambio di denaro; dai consumatori ai produttori sotto forma di forza lavoro in cambio di salari e stipendi. I fattori di produzione primari (terra, capitale e lavoro) vengono combinati all'interno del processo produttivo secondo modelli di perfetta sostituibilità. In questo senso, la prospettiva è fortemente ottimistica, in quanto l'esaurimento delle risorse naturali non costituisce un ostacolo alla crescita del sistema economico: esse possono essere via via sostituite da prodotti artificiali. Ciò si evince dalla forma analitica delle funzioni di produzione, ad esempio la funzione di Cobb-Douglas¹, che garantiscono un certo livello produttivo anche in assenza di risorse naturali, purché vi sia adeguata disponibilità di fattori di produzione artificiali e di manodopera (lavoro)². In questo modello, la determinazione del valore si basa su condizioni utilitaristiche, in base alle quali il valore di un bene/servizio dipende dalla sua capacità di influire sulle condizioni di benessere degli

¹ La forma analitica della funzione di produzione di Cobb-Douglas è la seguente:

$$Q = A \cdot C^{\alpha} \cdot L^{\beta}$$

in cui Q rappresenta la quantità prodotta, C la quantità di capitale (senza distinzione tra capitale naturale e artificiale), L la forza lavoro impiegata e A, α e β sono dei parametri da stimare.

² Questa totale assenza di considerazioni, nella teoria neo-classica, circa i limiti imposti dall'esaurimento delle risorse naturali alla crescita economica, si discosta dall'approccio della teoria classica, nella quale era invece presente la coscienza della disponibilità limitata della terra come fattore di produzione. In conseguenza a ciò, veniva considerato inevitabile il raggiungimento di uno stato stazionario, nel quale le prospettive qualitative di vita sarebbero state disastrose. Tale tesi è associata in particolare al lavoro di Thomas Malthus (1766-1834), il quale prevedeva un andamento ciclico di crescita economica e di crollo a seguito dell'aumento eccessivo di popolazione: ciò in conseguenza alla diversa velocità di crescita della popolazione (secondo regole esponenziali) e del cibo (con crescita lineare). In realtà, i limiti alla crescita previsti da Malthus sono stati resi meno vincolanti dall'innovazione tecnologica, che ha permesso di aumentare il rendimento dei processi produttivi. Proprio la fiducia nello sviluppo tecnologico ha portato la teoria neo-classica a trascurare completamente i problemi legati alla limitatezza delle risorse naturali.

individui.

Molti economisti oggi rifiutano il paradigma espansionistico, proponendo una visione più “ecologica” del mondo, secondo la quale il sistema economico non è indipendente rispetto ai sistemi naturali, ma rappresenta invece una parte di essi: un sotto-sistema in continua crescita, all’interno di un sistema complessivo (la biosfera) limitato (Rees, 2003) (Fig.1b). I fattori primari di produzione sono indicati con una terminologia che meglio rappresenta i loro ruoli:

- capitale naturale (corrispondente al fattore “terra” dell’economia neo-classica): include tutto ciò che proviene dalla natura;
- capitale umano (corrispondente al fattore “lavoro” dell’economia neo-classica): include sia il lavoro fisico che il *know-how*;
- capitale artificiale (corrispondente al fattore “capitale” dell’economia neo-classica): comprende le macchine e le infrastrutture utilizzate nella produzione;
- capitale sociale: è un concetto recente che include la rete di relazioni interpersonali, regole e normative.

L’approccio dell’*Ecological Economics* (EE) affronta la relazione economia-ambiente alla luce di alcuni principi delle scienze naturali, tra cui la termodinamica e l’ecologia. Ciò che differenzia il punto di vista della EE da quello dell’economia classica è l’introduzione del secondo principio della termodinamica nelle considerazioni sulla crescita economica. Daly (1987) afferma che, mentre le implicazioni della prima legge della termodinamica sono note fin dai tempi di Marshall (con la consapevolezza che l’attività di produzione dell’uomo non è un’attività di creazione di materia, ma solo di trasformazione della stessa in forme aventi maggiore contenuto di utilità), la seconda legge viene ignorata nel momento in cui non ci si chiede da dove provenga la capacità di trasformare la materia. Tale capacità proviene dall’energia a bassa entropia³ proveniente dall’ambiente: l’uomo utilizza tale energia riversandola nell’ambiente in forma degradata (ad alto valore di entropia), tale per cui la capacità di compiere lavoro è andata perduta. Ne consegue che ciò a cui è necessario prestare attenzione non è il flusso circolare di denaro, ma piuttosto il flusso unidirezionale e irreversibile (dal punto di vista termodinamico) di materia ed energia che passa dal sistema naturale al sistema

³ L’entropia, introdotta da Rudolf Clausius nel 1864, è definita in termodinamica come una funzione di stato che esprime una misura del disordine di un sistema fisico o più in generale dell’universo. In base a questa definizione, quando un sistema passa da uno stato ordinato ad uno disordinato la sua entropia aumenta. Analiticamente, è definita dalla seguente espressione:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q_{rev}}{T}$$

dove ΔQ_{rev} indica la quantità di calore assorbita in modo reversibile dal sistema alla temperatura T.

economico, per ritornare all'ambiente in forma degradata: è infatti questo flusso a costituire il limite per la crescita economica⁴ (Fig.2). A qualunque stadio si trovi lo sviluppo tecnologico, l'economia si fonda sull'ambiente, non solo per l'utilizzo delle risorse, ma anche per l'assimilazione dei rifiuti e per una serie di servizi ecosistemici di supporto senza i quali tutto il sistema crollerebbe (Rees, 2003). In tale prospettiva, non si può parlare di sostituibilità piena tra capitale naturale e capitale artificiale e umano, ma piuttosto di una forma di complementarità (Costanza e Daly, 1992).

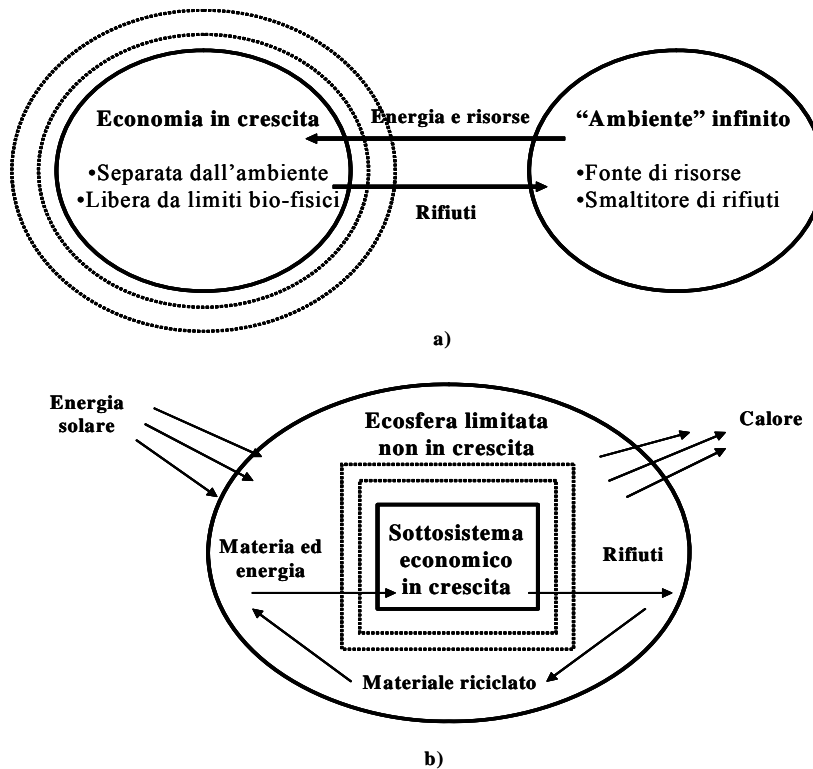


Figura 1: I due paradigmi contrastanti dell'economia neo-classica (a) e dell'*Ecological Economics* (b). Fonte: Rees, 2003.

⁴ Riprendendo il concetto della dipendenza dell'economia dai sistemi naturali, centrale nell'economia classica (ma abbandonato dalla teoria neo-classica), Kenneth Boulding (1910-1993), uno dei padri fondatori dell'EE, afferma che è necessario un cambiamento di orientamento ai fini di perpetuare l'attività economica. Nel suo articolo "The economics of the coming Spaceship Earth" (1966) egli paragona la Terra ad una navicella spaziale, ponendo l'attenzione sulle sue caratteristiche di sistema chiuso alimentato da un flusso unidirezionale di energia (infatti "il sistema Terra" non scambia materia con l'esterno, ma solo energia, ricevendo inputs energetici dal sole e dissipando energia sotto forma di calore e radiazioni). In questo modo egli richiama l'attenzione sul fatto che occorre garantire gli stock di capitale, al contrario di quanto suggerivano gli economisti neo-classici, che fino a quel momento si erano preoccupati esclusivamente di flussi di denaro e prodotti (Perman, 2003).

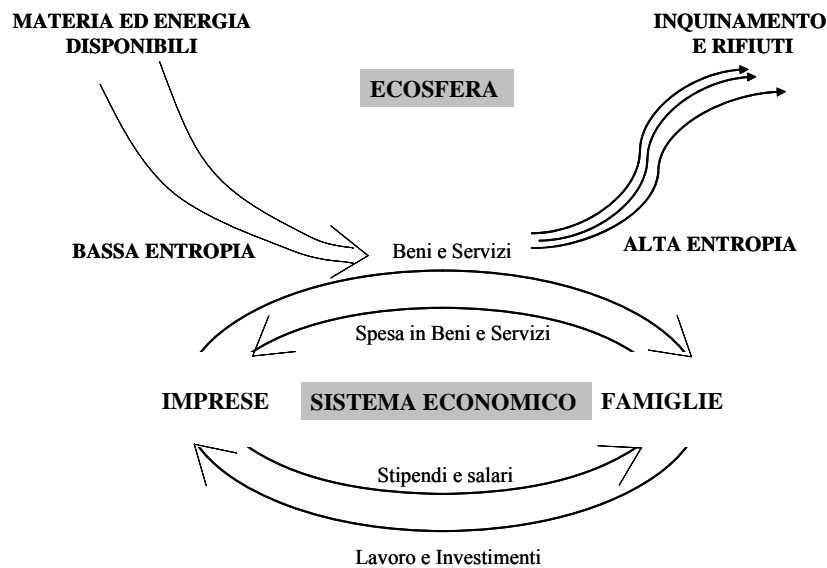


Figura 2: Il flusso lineare di materia ed energia dall'ecosfera al sistema economico.
Fonte: Rees, 2003.

Queste due diverse visioni del mondo implicano non solo differenti atteggiamenti nell'ormai secolare dibattito sui limiti alla crescita economica, ma comportano inevitabilmente un diverso coinvolgimento nel problema della sostenibilità.

Infatti, secondo l'approccio espansionistico, data la perfetta sostituibilità del capitale naturale, il problema della sostenibilità del sistema economico non si pone: si è di fronte ad un sistema in grado di sostentarsi da solo e dunque in grado di crescere in modo illimitato. Questa prospettiva risulta essere molto rassicurante, vista l'importanza attribuita alla crescita economica nella soluzione del problema della povertà⁵. Non vi è preoccupazione per il consumo delle risorse naturali, in quanto la tecnologia è in grado di fornire dei sostituti: *"technology exists now to produce in virtually inexhaustible quantities just about all the products made by nature.....We have in our hands now....the technology to feed, clothe and supply energy to an ever-growing population for the next seven billion years"* (Julian Simon, citato in Rees, 2003).

Secondo alcuni autori, addirittura la crescita economica sarebbe l'unico modo per proteggere l'ambiente nel lungo periodo: *"there is clear evidence that, although*

⁵ La crescita economica è vista da molti economisti (uno tra i tanti è Keynes, 1931) come l'unica possibile soluzione al problema della povertà, in quanto garantisce la possibilità di migliorare la condizione dei poveri senza togliere nulla ai più abbienti. In realtà, altra soluzione al problema della povertà è rappresentata dal controllo della crescita della popolazione e dalla re-distribuzione della ricchezza, ma tale soluzione è vista come non applicabile in quanto, da un lato, provocherebbe tensioni sociali che potrebbero sfociare in conflitti, dall'altro non si riuscirebbe a migliorare le condizioni di tutti i poveri (le dimensioni della "torta della ricchezza" non sono abbastanza grandi per garantire una fetta per tutti) (Perman, 2003).

economic growth leads to environmental degradation on the early stages of the process, in the end the best –and probably the only- way to attain a decent environment in most countries is to become rich” (Beckerman, citato in Perman, 2003)⁶.

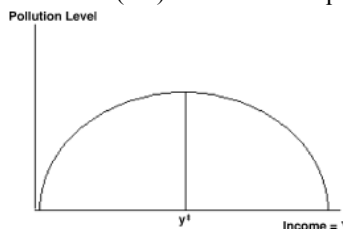
Secondo l’approccio della EE, esistono invece evidenti limiti alla crescita⁷, legati alla non sostituibilità delle forme di capitale: ad un certo livello di distruzione delle risorse naturali, il valore del capitale naturale sacrificato per la produzione di beni economici sarà maggiore del valore dei beni prodotti (Costanza e Daly, 1992; Daly 1987). In particolare, viene posta l’attenzione sul fatto che, man mano che l’economia si avvicina ad una condizione limite, viene meno la relazione proporzionale tra benessere economico e benessere totale ipotizzata dalla teoria neo-classica⁸: in altre parole, la crescita economica inibisce ed erode altre forme di valore che il capitale naturale ha in sé, in particolare il valore ecologico ed il valore sociale. I limiti alla crescita sono legati proprio a queste forme di valore diverse dal valore economico: da un lato vi è un limite bio-fisico, dall’altra un limite di natura etico-sociale⁹ (Daly, 1987).

⁶ Tale affermazione è basata sull’ipotesi di una relazione di tipo parabolico tra il livello di reddito pro-capite e l’inquinamento ambientale, relazione nota come “*Environmental Kuznets Curve*”. Tale relazione è del tipo:

$$e = \alpha y = (\beta_0 - \beta_1 y) y$$

e = livello di inquinamento
y = livello di reddito

e comporta il fatto che oltre un certo livello (Y^*) di reddito l’inquinamento prodotto decresce.



⁷ Va sottolineato che gli *ecological economists* fanno una distinzione tra il concetto di crescita, intesa come incremento quantitativo nella dimensione fisica dell’economia, e il concetto di sviluppo, inteso invece come incremento qualitativo che risulta dall’acquisizione di maggiore *know-how*. Secondo questa distinzione, mentre i limiti alla crescita sono stringenti e ormai quasi raggiunti, i limiti allo sviluppo sono più labili e ancora lontani (Daly, 1987; Costanza e Daly, 1992; Farley e Daly, 2006).

⁸ Secondo quanto afferma Pigou, “*economists have relied, on a practical judgement, namely, that a change in economic welfare implies a change in total welfare in the same direction if not in the same degree*” (citato in Daly, 1987).

⁹ Il limite bio-fisico è dato dal fatto che l’economia, in termini fisici, è un sotto-sistema di un sistema aperto quale quello ecologico, caratterizzato da limitatezza di materia, un flusso unidirezionale di entropia e complesse interazioni fra le parti, tutti elementi che concorrono sinergicamente alla limitazione della crescita economica. I limiti di natura etico-sociale affievoliscono la desiderabilità della crescita per quattro motivazioni principali: “*the desirability of growth financed by drawdown is limited by the cost imposed on future generations; the desirability of growth financed by takeover is limited by the extinction or reduction in number of sentient sub-human species whose habitat disappears; the desirability of aggregate growth is limited by self-cancelling effects on welfare; the desirability of growth is limited by the corrosive effects on moral standards of the very attitudes that foster growth, such as glorification of self-interest and a scientific-technocratic world view*”. (Daly 1987)

Secondo questa prospettiva, la soluzione al problema della povertà non risiede nella continua crescita del sistema economico, perché questa va a ledere ulteriormente il capitale naturale rimasto, che rappresenta oggi il fattore di produzione limitante (al contrario di quanto accadeva in passato, prima della rivoluzione industriale, quando il fattore limitante alla crescita era il capitale artificiale). Secondo quanto suggerisce la teoria economica, occorre dunque concentrarsi sul fattore limitante ed aumentare la sua disponibilità, come afferma Daly: *“More and more, the complementary factor in short supply (limiting factor) is remaining natural capital, not manmade capital as it used to be. For example, populations of fish, not fishing boats, limit fish catch worldwide. Economic logic says to invest in the limiting factor. That logic has not changed, but the identity of the limiting factor has.”* (Aronson et al., 2006). Il problema è che per molti aspetti, la società umana si fonda su servizi degli ecosistemi che non attraversano il mercato (aria pulita, cicli biologici, ecc) e dunque non esiste un meccanismo di feedback che consenta di accorgersi della loro scarsità e che ne incentivi la produzione (ruolo che, per i beni di mercato, è svolto dal prezzo: se un bene è scarso il prezzo sale e il mercato sviluppa sostituti) (Farley e Daly, 2006).

2. Il concetto di “capitale naturale”

Con lo svilupparsi dell'EE, gli economisti hanno cominciato a sostituire il concetto classico della “terra”, come fattore produttivo, con il concetto di “capitale naturale”, nel tentativo di integrare le due prospettive economica ed ecologica nel dibattito circa il rapporto uomo-ambiente e il conseguente problema della sostenibilità del sistema economico. In generale, per “capitale” si intende uno stock di materiale o di informazioni in grado di fornire, in modo autonomo o congiunto con servizi forniti da altre forme di capitale, un flusso di servizi che incrementi il livello di benessere umano. L'utilizzo da parte dell'uomo di tali servizi può consumare o meno lo stock originario di capitale (Costanza et al., 1997).

Il capitale naturale così concepito è costituito da diversi elementi (England, 2000):

- la superficie terrestre, il cui valore è invariante nel tempo;
- il flusso di energia solare;
- l'insieme di popolazioni vegetali ed animali organizzate in ecosistemi;
- lo stock di materiali presenti nella superficie terrestre e nell'atmosfera, che forniscono materie prime ed assorbono rifiuti.

I sistemi fisici e biologici hanno dunque smesso di essere considerati come risorse (e quindi meramente come input al sistema economico), per assurgere al rango di

“capitale” (in precedenza riservato ai soli mezzi di produzione prodotti artificialmente), che, come tale, deve essere conservato e rinnovato per assicurare il continuo sviluppo socio-economico della società umana (Fenech et al., 2003). In particolare, si distinguono due tipi di capitale naturale: quello rinnovabile, o attivo, che si rigenera in modo autonomo sfruttando l'energia solare, e quello non rinnovabile.

Allo scopo di comprendere le relazioni esistenti tra sistemi naturali e sistema socio-economico, è necessario sistematizzare i complessi processi naturali di interazione tra elementi biotici e abiotici, che avvengono attraverso continui scambi di materia ed energia, in un numero limitato di funzioni eco-sistemiche (De Groot et al., 2002). Per “funzioni eco-sistemiche” si intende la capacità dei processi e delle componenti naturali di fornire beni e servizi in grado di soddisfare, in modo diretto o indiretto, i bisogni degli esseri umani (De Groot, 1992). La classificazione delle funzioni ecosistemiche e dei servizi da essi forniti maggiormente accreditata in letteratura, prevede il raggruppamento in quattro categorie (Millennium Ecosystem Assessment, 2003) (Fig. 3):

- funzioni di produzione: gli ecosistemi forniscono una grande varietà di beni di consumo, dal cibo alle materie prime, dalle risorse energetiche al materiale genetico;
- funzioni di regolazione: sono funzioni di supporto alla vita, che si esplicano nella regolazione dei processi fisici, ecologici e biologici fondamentali per garantire l'integrità degli ecosistemi. Tali funzioni di regolazione forniscono servizi più o meno diretti alla società, come la disponibilità di aria pulita, la fornitura di acqua e terreno fertile, il controllo e la regolazione dei cicli biologici;
- funzioni di tipo culturale: gli ecosistemi forniscono benefici non materiali alla società, offrendo le condizioni naturali per l'arricchimento spirituale, lo sviluppo della conoscenza, la riflessione, i servizi ricreativi;
- funzioni di supporto: sono le funzioni necessarie allo svolgimento di tutte le altre funzioni degli ecosistemi. Differiscono dalle altre categorie di funzioni in quanto il loro impatto sulla collettività si esplica generalmente in modo indiretto e in un arco temporale piuttosto lungo. Esse consistono, ad esempio, nella produzione di ossigeno, nella regolazione del ciclo dei nutrienti e di quello dell'acqua, nella conservazione degli habitat e nel mantenimento della biodiversità¹⁰.

¹⁰ Il concetto di biodiversità è strettamente collegato alla questione delle funzioni ecosistemiche e della loro valutazione. La Convenzione sulla Diversità Biologica (2002) definisce la biodiversità come la variabilità tra organismi viventi e tra i sistemi ecologici di cui sono parte, includendo dunque la variabilità all'interno di ciascuna specie (patrimonio genetico), tra specie e tra ecosistemi. Da questa definizione segue la sottile linea di demarcazione tra mantenimento della biodiversità e mantenimento delle funzioni ecosistemiche, in quanto la variabilità è un elemento importante all'interno di un ecosistema, e la diversità tra ecosistemi è un elemento della biodiversità.

Una volta analizzate le funzioni svolte dagli ecosistemi, il valore che esse assumono per la società ed il sistema economico si esplica attraverso la produzione di beni e servizi. I beni (come il cibo) e i servizi (come l'assimilazione di rifiuti) degli ecosistemi rappresentano dunque i benefici che la collettività deriva dalle funzioni eco-sistemiche (Costanza et al., 1997; Limburg et al., 2002). Molti dei servizi espliciti dalle varie forme di capitale naturale possono essere considerati servizi diretti, in quanto ne beneficia direttamente la collettività (si pensi ad esempio alla fornitura di materie prime o alle funzioni ricreative); vi sono però altre categorie di servizi che possono essere considerati indiretti, nel senso che supportano altri processi biologici ed ecologici che hanno valore per la collettività, come nel caso delle funzioni di controllo del ciclo dei nutrienti o la fertilizzazione del suolo.

Occorre comunque tenere presente che qualunque classificazione risulta in ogni caso viziata da sovrapposizione tra diverse categorie, in quanto non c'è corrispondenza biunivoca tra funzioni e servizi: una funzione può contribuire alla generazione di più servizi e beni, così come un singolo servizio può essere il risultato della combinazione di più funzioni. Va inoltre considerato che esiste una forte interdipendenza tra le diverse funzioni esplicitate dagli ecosistemi, in quanto l'utilizzo o la modificazione di una di esse può comportare variazioni nella disponibilità di altre funzioni. In altre parole, i sistemi naturali sono caratterizzati da vincoli di scarsità e trade-off e proprio per questo motivo la loro capacità di fornire beni e servizi in modo sostenibile va determinata analizzando il sistema nel suo complesso (Limburg et al., 2002).

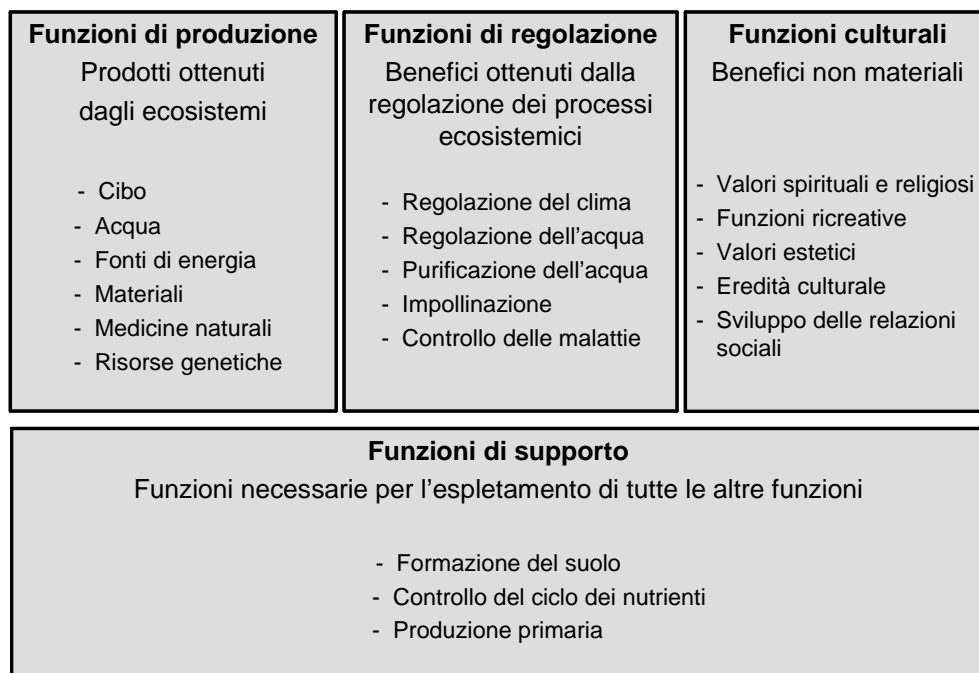


Figura 3: Classificazione delle funzioni svolte dagli ecosistemi e dei relativi servizi alla società. Fonte: Millenium Ecosystem Assessment, 2003

3. Il concetto di sostenibilità

Il concetto di sostenibilità, ovvero di sviluppo sostenibile, nasce dalla contrapposizione di due obiettivi economici che, fino agli inizi degli anni '70, erano considerati indipendenti l'uno dall'altro: da un lato la necessità di combattere la povertà attraverso la crescita economica e, dall'altro, la necessità di proteggere e conservare le risorse naturali e l'ambiente. Il problema si è posto in conseguenza alla presa di coscienza del forte legame che intercorre tra questi due aspetti, in relazione all'interesse, di origine etica e morale, per le generazioni future:

“Environment and development are not separate challenges: they are inexorably linked. Development cannot subsist on a deteriorating environmental base; the environment cannot be protected when growth leaves out of account the costs of environmental protection” (WCED, 1987).

Se è chiaro che il fondamento del problema della sostenibilità sta nella relazione tra economia ed ambiente e nelle sue ripercussioni sulle generazioni future, non sono altrettanto univoci la definizione ed il significato operativo del concetto di sostenibilità. Il punto di partenza è rappresentato dal Rapporto Brundtland, che nel 1987 definiva “sviluppo sostenibile”, “quello sviluppo capace di soddisfare i bisogni della attuale generazione senza compromettere il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni future”. Emerge da questa definizione innanzitutto la logica di lungo periodo che caratterizza il concetto di sostenibilità. Emerge inoltre il riferimento al criterio dell'efficienza nell'uso delle risorse; emerge la dimensione sociale dell'equità, in particolare in riferimento all'equità intergenerazionale; emerge l'aspetto della conservazione dello stock di risorse che concorrono alla creazione e al mantenimento di un certo livello di benessere. Da queste considerazioni si arguisce che nel concetto di sviluppo sostenibile sono incorporate tre dimensioni fondamentali, che dovrebbero coesistere: quella economica, volta a considerazioni di efficienza, crescita e stabilità; quella sociale, che si occupa di povertà, equità intergenerazionale e cultura; e quella ecologica, che si interessa alle questioni della biodiversità, della resilienza, dell'inquinamento. Appare sempre più chiaramente la necessità di un approccio sistemico, che consideri costantemente i rapporti tra i sistemi economico, ambientale e sociale, bilanciando le tre dimensioni della sostenibilità (Fusco Girard, 1997). Il diagramma a triangolo equilatero (Fig.4) esprime graficamente la nozione di sviluppo sostenibile: esso evidenzia tutte le possibili combinazioni tra le diverse dimensioni, da quelle che massimizzano un solo obiettivo (nei vertici), a quelle che si muovono lungo il perimetro (che combinano solo due obiettivi), a quelle che consentono il perseguimento di tutte e tre le dimensioni e che si trovano all'interno del perimetro.

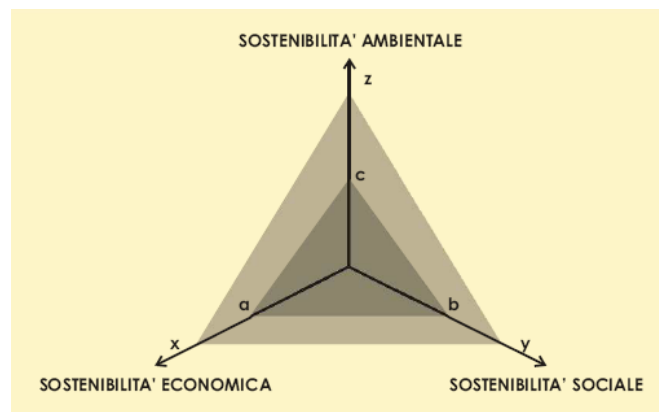


Figura 4: Le dimensioni della sostenibilità. Fonte: Linee guida Enplan.

3.1. La dimensione economica

Dal punto di vista economico, il problema della sostenibilità si traduce nella questione della distribuzione inter-temporale delle risorse ed è legato alla consapevolezza dell'esauribilità delle risorse e della fragilità dei sistemi naturali, che possono essere danneggiati in modo irreversibile attraverso il rilascio nell'ambiente di varie forme di rifiuti. Alla luce di ciò, le considerazioni di benessere sociale di breve periodo e di lungo periodo entrano in conflitto¹¹, in termini di (Faucheux et al., 1997):

- livello di produzione economica e, quindi, livello di consumo;
- conservazione delle funzioni e dei cicli naturali di supporto alla vita.

Nel tentativo di individuare un trade-off tra benessere della generazione attuale e possibilità di crescita delle generazioni future, dalle innumerevoli definizioni di "economia sostenibile" fiorite nel tempo, si individuano in particolare due aspetti caratterizzanti (Perman et al., 2003):

- la capacità di garantire un livello di benessere non decrescente nel tempo;
- la capacità di gestire le risorse in modo tale da mantenere opportunità produttive per le generazioni future¹².

¹¹ contrariamente a quanto accadeva nell'economia neo-classica che, nel diciottesimo e diciannovesimo secolo, considerava le risorse naturali abbondanti (ad esempio l'aria) o non esauribili. In questa prospettiva, la crescita economica nel breve periodo rappresentava la via sicura non solo per un miglioramento delle condizioni di benessere nell'immediato futuro, ma anche per un incremento del capitale per la produzione futura.

¹² Sono riconducibili al primo dei due aspetti indicati le definizioni di sostenibilità date da Pezzy (1992): "Sustainability is defined as...non-declining utility of a representative member of society for millennia into the future", e da Page (1977): "Sustainability involves preserving opportunities for future generations as a common sense minimal notion of intergenerational justice". Al

In termini operativi, ciò significa che la sostenibilità si identifica con la capacità di mantenere un livello di utilità, e quindi di consumo, costante nel tempo:

$$Q = Q(L, K_N, K_H) = \text{costante}$$

con Q = output del sistema produttivo;

L, K_N, K_H = fattori di produzione, suddivisi in lavoro (L), capitale naturale (K_N) e capitale *human-made* (costituito dall'insieme di capitale sociale, umano e artificiale, K_H).

Le possibilità di realizzazione di questo obiettivo economico e le modalità di attuazione dipendono dalle ipotesi assunte circa il tasso di rigenerazione delle risorse naturali (in particolare il problema della sostenibilità si pone per le risorse non rinnovabili), la capacità del progresso tecnologico di aumentare la produttività del capitale e, soprattutto, il livello di sostituibilità tra i fattori produttivi K_N e K_H .

Se si assume *perfetta sostituibilità* tra le due forme di capitale (Fig. 4a), il problema della distribuzione intertemporale non si pone. Sotto questa ipotesi, infatti, l'esaurimento delle risorse naturali non costituisce limite all'attività di produzione e consumo: la perfetta sostituibilità tra le forme di capitale ed il progresso tecnologico sono in grado di garantire la possibilità di crescita illimitata del sistema economico. In realtà, tale ipotesi è estremamente utopistica, ed è espressione solo di alcuni esponenti dell'economia neo-classica. L'approccio più diffuso nell'economia neo-classica assume invece l'ipotesi di sostituibilità parziale tra le diverse forme di capitale: tutte le diverse tipologie di input (naturali e artificiali) sono essenziali per il processo produttivo e dunque la loro disponibilità costituisce un vincolo alla quantità di beni producibili, ma ciò che definisce la ristrettezza di tale vincolo è proprio il grado di sostituibilità tra i fattori produttivi, che dipende a sua volta dalla forma della funzione di produzione (questa è la posizione di autori quali Solow, Hartwick, Dasgupta e Mitra).

Tale linea di pensiero, nota come approccio della "sostenibilità debole", trova fondamento nell'affermazione di Solow (1986), secondo il quale "*We have no obligation to our successors to bequeath a share of this or that resource. Our obligation refers to generalized productive capacity or, even wider, to certain standards of consumption/living possibilities over time*" (citato in Perman et al., 2003). Nel modello di produzione proposto da Solow-Stiglitz, le risorse naturali sono essenziali nella produzione, ma se il grado di sostituibilità tra capitale naturale e artificiale è sufficientemente elevato, è possibile mantenere costante il livello produttivo impiegando

secondo aspetto fa riferimento invece la nota definizione del Rapporto Brundtland: "*Sustainable development is development that meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (WECD, 1987).

quantità sempre minori di risorse naturali¹³ (Fig. 4c). Sotto questa ipotesi, allo scopo di garantire un livello di consumo costante nel tempo è necessario mantenere invariato l'ammontare complessivo del capitale disponibile, inteso come sommatoria di K_N e K_H (Costanza e Daly, 1992; Perman et al., 2003). A questo proposito, Hartwick (1977) afferma che per garantire l'equità intergenerazionale attraverso il mantenimento di un costante livello di consumo, basta adottare un semplice modello di comportamento, ovvero basta investire il guadagno netto¹⁴ derivante dall'estrazione delle risorse esauribili nella produzione di capitale *human-made*.

Al polo opposto si trovano invece gli esponenti dell'*Ecological Economics*, i quali assumono due ipotesi centrali sulla natura del capitale naturale: l'esauribilità e la relazione di complementarità tra i fattori di produzione K_N e K_H .¹⁵ (England, 2000) (Fig.4b). Alla luce di queste assunzioni, se si vuole garantire un livello di consumo costante nel lungo periodo, occorre preservare intatto il capitale naturale (si parla di "sostenibilità forte") (Hall et al., 1986; Ayres and Nair. 1984; Common and Perrings, 1992; Costanza e Daly, 1992; Victor, 1994; Georgescu-Roegen, 1979). In questo modo, non si parla più di crescita economica illimitata, ma di uno stato stazionario dell'economia, con un livello costante di popolazione e di capitale artificiale e con un flusso contenuto di materia ed energia per il mantenimento di tale stato (Daly, 1990). Per raggiungere questo obiettivo, Daly (1990) propone alcuni principi operativi:

- il tasso di utilizzo delle risorse rinnovabili deve essere inferiore al tasso di rigenerazione;
- il tasso di emissione dei rifiuti non deve superare la capacità di assimilazione degli ecosistemi nei quali i rifiuti vengono immessi;
- il consumo delle risorse non rinnovabili deve essere accompagnato da un

¹³ Solow e Stiglitz ipotizzano una funzione di produzione alla Cobb-Douglas:

$$Q = K_H^\alpha \cdot K_N^\beta \cdot L^\gamma$$

con $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

Secondo questa funzione, per ottenere un certo livello di produzione Q è possibile diminuire considerevolmente le risorse naturali utilizzate, aumentando in modo appropriato il capitale artificiale ed il lavoro impiegati. Daly (1997) definisce questo ragionamento una "*paper and pencil operation*" perché nella realtà non funziona: occorre infatti tenere conto del fatto che per poter avere più capitale artificiale da inserire in questa funzione di produzione, occorre utilizzare delle risorse naturali, il cui consumo quindi non diminuisce affatto.

¹⁴ Il guadagno netto derivante dall'estrazione di una unità di risorsa esauribile è dato dalla differenza tra prezzo di vendita e costo marginale di estrazione.

¹⁵ In realtà, gli *ecological economists* affermano che la relazione di complementarità tra le due forme di capitale non preclude alcune forme di sostituzione. Il capitale artificiale può sostituire quello naturale in due modi: a) in modo diretto, quando fornisce un servizio equivalente (ad esempio i pesticidi chimici possono svolgere la stessa funzione dei predatori); b) in modo indiretto, quando aumenta la produttività del capitale naturale (ad esempio le automobili consentono di percorrere lo spazio più velocemente che a piedi). Queste possibilità di sostituzione dipendono comunque dalla scala temporale e spaziale a cui avvengono, e non sono prive di conseguenze (Cleveland e Ruth, 1997)

investimento nella ricerca e rigenerazione di risorse rinnovabili sostituibili, ad un tasso tale da permettere la disponibilità della risorsa rinnovabile al momento dell'esaurimento della risorsa non rinnovabile;

- lo sviluppo tecnologico deve essere orientato verso tecnologie che incrementino la produttività delle risorse, e non lo sfruttamento delle stesse;
- dal punto di vista macroeconomico, occorre mantenere la scala economica (dimensioni della popolazione) entro i limiti di *carrying capacity* del territorio sul quale la popolazione insiste.

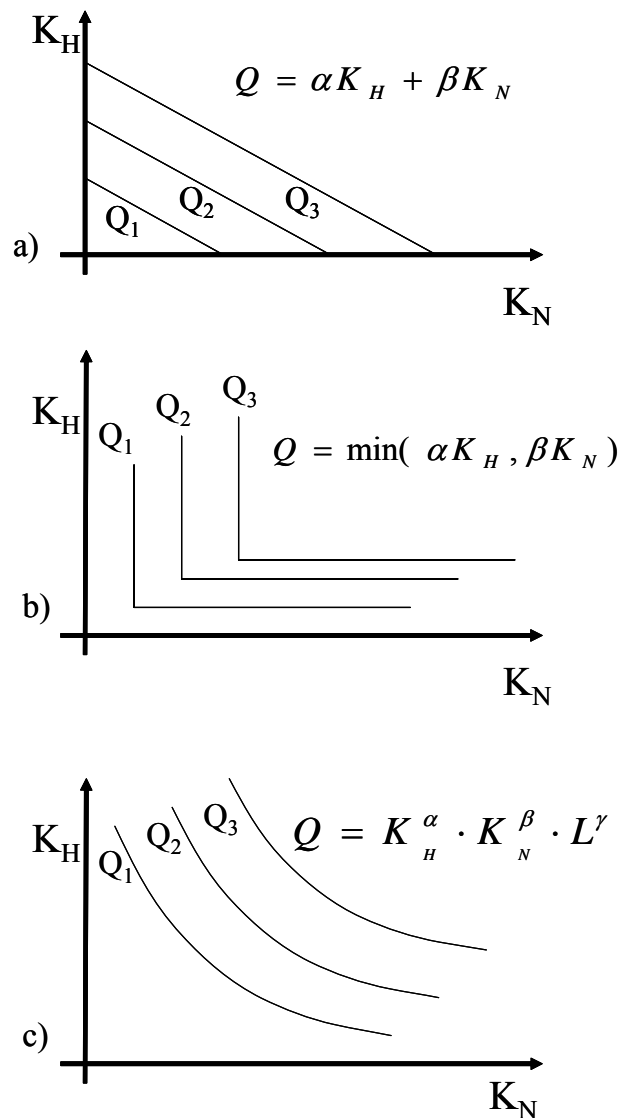


Figura 5: Isoquanti di produzione nell'ipotesi di perfetta sostituibilità (a), complementarietà (b) e sostituibilità parziale (c) tra capitale naturale (K_N) e capitale human-made (K_H). Fonte: Perman et al., 2003.

3.2. La dimensione ecologica

In contrasto con quanto accade nella prospettiva economica, gli ecologi considerano gli ecosistemi non solo come fornitori di servizi, ma come sistemi complessi organizzati su diverse scale (Norton e Toman, 1997), dei quali occorre mantenere nel tempo la produttività e il potenziale (Paoletti, 1999). Mentre la sostenibilità economica è un concetto di valore basato su considerazioni di efficienza, la sostenibilità ecologica è un concetto fisico, basato su considerazioni di stabilità dei sistemi naturali (Common e Perrings, 1992)

Infatti, secondo l'approccio ecologico, lo sviluppo sostenibile non può basarsi esclusivamente sulla conservazione del capitale naturale in relazione al suo utilizzo come input al sistema economico, ma occorre fare i conti con le nozioni di vulnerabilità dei sistemi naturali e di rischio. In particolare, occorre ricordare che esistono leggi fisiche che regolano i sistemi termodinamici chiusi e che queste vanno tenute in considerazione nello studio dei processi di feedback dovuti alla interdipendenza dei sistemi produttivi economico ed ecologico (Georgescu-Roegen, 1971). Gli ecologi guardano alla sostenibilità dal punto di vista dei sistemi ecologici, dei quali l'essere umano fa parte.

La sostenibilità è definita come una relazione tra il sistema economico umano e il più ampio sistema ecologico, nella quale: a) la vita umana può continuare indefinitamente; b) le persone possono prosperare; c) la cultura umana può svilupparsi, a condizione che gli effetti delle attività umane rimangano circoscritti, in modo da non pregiudicare la diversità, la complessità ed il funzionamento dei sistemi ecologici di supporto alla vita (da Costanza et al., 1991, citato in Perman et al., 2003). Come si evince da questa definizione, l'approccio degli ecologi, pur facendo riferimento a parametri di tipo fisico e biologico, rimane fortemente antropocentrico, in quanto identifica la sostenibilità come il mantenimento delle condizioni bio-fisiche in uno stato più o meno simile a quello attuale, in cui vengono salvaguardati gli interessi della specie umana.

La capacità di un ecosistema di mantenere la sua integrità funzionale a fronte di eventi destabilizzanti viene chiamata resilienza, concetto introdotto da Holling negli anni '90, con il quale si indica l'entità delle perturbazioni che un sistema può assorbire senza modificare il suo stato. Nel tempo sono fiorite svariate definizioni del concetto di resilienza, in relazione al fatto che il sistema presenti una sola o più condizioni di equilibrio. Nel caso in cui si consideri un sistema che presenta un solo stato di equilibrio desiderabile¹⁶, si parla di "*engineering resilience*", definita come il tempo necessario

¹⁶ Questa accezione di resilienza si usa anche quando il sistema presenta più stati operativi

affinché il sistema, dopo avere subito una perturbazione, ritorni allo stato di equilibrio. La seconda accezione del termine, o “*ecological resilience*”, si utilizza quando il sistema presenta più domini di stabilità, tutti possibili ed accettabili. In questo caso, la resilienza è misurata come l'entità della perturbazione massima che può essere assorbita senza che il sistema ridefinisca la sua struttura modificando le variabili ed i processi che ne controllano il comportamento, spostandosi in un altro dominio di stabilità¹⁷.

Secondo Holling (1986), un sistema è sostenibile solo se è resiliente, ovvero se è in grado di adattarsi agli stress ritornando alla condizione di equilibrio iniziale o evolvendo verso nuove condizioni di equilibrio accettabili. Una azione è sostenibile solo se mantiene la resilienza e quindi preserva, o non pregiudica, il comportamento sistemico. Ciò che interessa non è tanto mantenere un particolare stato del sistema, quanto quello di garantire la continua adattabilità al cambiamento nel tempo del sistema. È notevole la differenza con quanto sostenuto dall'approccio economico, che focalizza l'esigenza di mantenere costante nel tempo lo stock di capitale e quindi il suo valore (Girard e Nijkamp, 1997).

3.3. La dimensione sociale

Dei tre pilastri dello sviluppo sostenibile, l'aspetto sociale è forse quello meno esplorato nella letteratura di settore e meno considerato nella definizione delle iniziative politiche, ma non per questo è meno importante, in quanto il conseguimento della sostenibilità ambientale ed economica deve procedere di pari passo con quella sociale e l'una non può essere raggiunta a spese delle altre (Khan, 1995).

La dimensione sociale tiene conto delle questioni d'equità intra/intergenerazionale. La povertà di molte popolazioni del Terzo Mondo, la marginalità d'alcuni strati sociali anche nei Paesi sviluppati, il “razzismo ambientale”, rappresentano le sfide principali per l'affermazione del principio d'equità intragenerazionale. Il trasferimento di un capitale naturale il meno alterato possibile alle generazioni future, per garantire loro le stesse opportunità della generazione precedente; gli aspetti di distribuzione ecologica temporale (per esempio la produzione di rifiuti radioattivi i cui processi di decadimento variano da secoli a millenni), sono l'ambito nel quale si cerca di rendere operativo il criterio dell'equità intergenerazionale. Connessa alla dimensione sociale dello sviluppo sostenibile è la dimensione culturale dello stesso (Girard e Nijkamp, 1997), che

possibili, di cui solo uno risulti essere accettabile o desiderabile, tanto da indurre ad evitare gli altri con misure preventive.

¹⁷ Per la definizione di dominio di stabilità, si veda Cap. 3, par. 4.1.

riconosce il ruolo della diversità culturale, la necessità della presenza simultanea di culture diverse, ognuna delle quali portatrice di un sistema di simboli, valori, principi organizzativi propri che influenzano le istituzioni e i modelli d'utilizzo dell'ambiente. I valori cooperativi, comunitari, civili che vanno a formare il "capitale sociale" (Fukuyama, 1995) contribuiscono alla resilienza, alla vitalità del sistema sociale. Con la dimensione culturale si evidenzia l'importanza del miglioramento delle conoscenze, delle attitudini e dei valori che permettono l'evoluzione delle potenzialità creatrici della persona umana.

La sostenibilità sociale, come sostiene Khan (1995), include l'equità, *l'empowerment*, l'accessibilità, la partecipazione, l'identità culturale e la stabilità istituzionale. Si tratta di variabili distintive dei metodi sociologici. Esse pongono l'attenzione su una distribuzione socialmente equa di costi e benefici derivati dal modo in cui l'uomo gestisce l'ambiente; un modo (Farmer, citata da Basiago, 1995) che deve sempre più diventare olistico (per la diversificazione e l'integrazione di risorse umane, socio-culturali ed economiche), diverso (per la valorizzazione delle identità locali e della biodiversità), frattale (per realizzare sistemi organizzativi partecipativi e non gerarchici), evolutivo (per sostenere la diversità, l'equità, la democrazia, la conservazione delle risorse ed una più alta qualità della vita).

L'idea della sostenibilità sociale può essere espressa attraverso il concetto di "infrastrutture soft". Così come le infrastrutture tradizionalmente intese, le soft comportano lo sviluppo della capacità collettiva di incrementare la qualità della vita. Esso si riferisce in particolare alla capacità delle popolazioni locali di: sviluppare servizi equi e accessibili; incrementare la conoscenza e le abilità tecniche, ovvero il cosiddetto "capitale sociale"; incrementare le reti di relazioni e la comunicazione (capitale sociale)